

Universidade Federal de Alfenas

Istenio Nunes de Moraes

Frederico Augusto Toti (orientador)

**Construção e aplicação do Gerador de Van
der Graff de baixo custo nas aulas de Física
no Ensino Médio com participação dos
estudantes**

Alfenas/MG

2015

Istenio Nunes de Moraes

**Construção e aplicação do Gerador de Van
der Graaff de baixo custo nas aulas de física
no Ensino Médio com participação dos
estudantes**

Projeto de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Licenciado em física pela Universidade Federal Alfenas. Área de concentração: ensino.

Orientador: Frederico Augusto Toti

Alfenas/MG
2015

Dedico este trabalho a minha irmã Louene N. Morais (in memoriam), que, em vida, sempre esteve ao meu lado me apoiando e me incentivando a nunca desistir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, pelo apoio e auxílio dado durante todo o processo até aqui. Sem eles eu não estaria aqui.

Agradeço também aos meus amigos do curso, que estiveram comigo ajudando, dando suporte e trocando experiências durante boa parte da graduação. E em especial ao Péricles Antônio da Silva, que esteve comigo no desenvolvimento deste trabalho durante as atividades do Residência Pedagógica, e à professora Carla M. Z. Espindola, que me permitiu desenvolver este trabalho em sua turma.

Agradeço ao meu orientador Frederico Augusto Toti, que fez parte do meu crescimento, me auxiliando durante meu processo de graduação.

Por fim, agradeço a Unifal e ao Departamento de Física pela oportunidade de me graduar e me tornar um Licenciado.

RESUMO

Pensando nas dificuldades encontradas por alunos do ensino médio na disciplina de física, e na expectativa de incrementar as discussões no que diz respeito ao uso da experimentação no ensino de física no ensino médio de forma a buscar propostas que tornem as aulas mais atrativas e dinâmicas, o presente projeto apresenta a construção de um Gerador de Van de Graaff e seu uso nas aulas de Eletrostática considerando que sua confecção, a teoria e demonstração de seu funcionamento geral vêm adequar-se perfeitamente no ensino da área escolhida. O projeto fundamenta-se no conceito dos Modelos Mentais da teoria de Johnson-Laird, o que nos permite traçar as ideias dos alunos a respeito dos fenômenos e aos poucos avançar para modelos conceituais que expliquem o que está sendo observado e estudado a partir dos conceitos da Física.

Palavras chaves: Ensino, Gerador de Van de Graaff, Eletromagnetismo, Van de Graaff, Alta-tensão.

ABSTRACT

Thinking about the difficulties encountered by high school students in the physics discipline, and in anticipation of increasing discussions with regard to the use of experimentation in physics education in high school in order to pursue proposals to become the most attractive and dynamic classes, this project has the use of a Van de Graaff Generator in Electromagnetism classes since its making, theory and demonstration of their overall operation have fit perfectly in the teaching of the chosen area. The project is based on the concept of mental models in the light of Johnson-Laird's theory that allows us to draw students' ideas about the phenomena and gradually move towards conceptual models to explain what is being observed and studied from Physical concepts.

LISTA DE FIGURA

FIGURA 1- ROBERT J. VAN DE GRAAFF.....	13
FIGURA 2- GERADOR CONSTRUÍDO POR ROBERT J. VAN DE GRAAFF.....	14
FIGURA 3- ESQUEMA DE ELETRIZAÇÃO ROLE/CORREIA.....	15
FIGURA 4- ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO GVDG.....	15
FIGURA 5- ESQUEMA D FUNCIONAMENTO GVDG.....	16
FIGURA 6- ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO GVDG.....	16
FIGURA 7- ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO GVDG.....	17
FIGURA 8- FIXAÇÃO DOS CAIBROS.....	18
FIGURA 9- FIXAÇÃO DAS COLUNAS DE SUSTENTAÇÃO.....	19
FIGURA 10- FIXAÇÃO DO MANCAL.....	19
FIGURA 11- ROLETES SUPERIOR E INFERIOR.....	20
FIGURA 12- INTRODUÇÃO DOS ROLETES E CORREIA.....	21
FIGURA 13- FIXAÇÃO DA ESCOVA COLETORA.....	21
FIGURA 14- GERADOR.....	22
FIGURA 15- GERADOR DE VAN DE GRAAFF.....	22
FIGURA 16 - ESQUEMA DO PROJETO GVDG.....	26
FIGURAS 17 – REGISTRO DA CONSTRUÇÃO DO GVDG.....	41
FIGURAS 18 – REGISTRO DA CONSTRUÇÃO DO GVDG.....	41
FIGURAS 19 – GVDG MONTADO.....	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. QUESTÃO DE PESQUISA.....	5
3. OBJETIVO GERAL	6
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
5. REVISÃO DE LITERATURA	7
6. REFERENCIAL TEORICO.....	9
7. METODOLOGIA.....	11
7.1. Metodologia de pesquisa.....	11
7.2. Etapas e desenvolvimento do projeto	12
8. CONSTRUÇÃO DO GVdG	13
8.1. Introdução histórica e funcionamento.....	13
8.2. Construção.....	17
8.2.1. Materiais	17
8.2.2. Montagem	18
9. CONCLUSÕES	23
10. Referências bibliográficas	23

1. INTRODUÇÃO

Durante toda a nossa existência estamos em contato direto com a natureza e seus fenômenos físicos e, muitas vezes, nenhum contato com as explicações científicas para esses fenômenos. O mundo tecnológico está em constante mudança e evolução, e a física é a base para o funcionamento dos eletrodomésticos, eletrônicos, aparelhos da indústria entre outras diversas aplicações. O conhecimento básico em física é algo essencial para acompanhar o desenvolvimento social e tecnológico. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+),

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. (BRASIL, p.59, 2002)

Concordo com Borges (2005, p. 2), quando ele diz que a “[...] física é um legítimo componente curricular da educação básica e que ela merece figurar como disciplina específica no currículo do ensino médio”. Ele usa como base para seu argumento, três critérios propostos por Milner para justificar a inclusão de ciências ou de qualquer disciplina no currículo da educação básica. Segundo Milner (1996 apud BORGES, 2005, p. 2) devemos ser capazes de mostrar que qualquer disciplina incorporada ao currículo: (i) contribui com conceitos e perspectivas específicas, e habilidades distintas, não oferecidas por outras disciplinas; (ii) não pode ser aprendida informalmente, mas apenas sob instrução formal; e (iii) sua aprendizagem tem importância e valor.

Os primeiros critérios são de fácil comprovação, já que aprender física de maneira informal é muito difícil, e ela lida com conceitos específicos não oferecidos por outras disciplinas. No entanto, o terceiro critério é algo que deva partir do professor, mostrando a importância e valor da física para o nosso mundo atual. Mostrar a importância da física no mundo atual é uma tarefa que pode vir a ser um tanto prazerosa para o aluno, ao ver a física em ação, saber onde se aplica cada conceito estudado; fazer o aluno enxergar a física com outros olhos, mostrando que ela é mais que cálculos, fórmulas e exercícios para casa. O professor deve mostrar que física “É um processo de descoberta do mundo natural e de suas propriedades, uma

apropriação desse mundo através de uma linguagem que nós, humanos, podemos compreender” (GLEISER, p.4, 2000). Empolgar-se de modo a fazer o aluno se interessar em aprender.

Gleiser (2000) apresenta quatro pontos que segundo ele são importantes para professores e alunos em seu artigo “porque ensinar física”. O primeiro, “questões metafísicas”, que é uma característica da ciência de responder a anseios profundamente humanos, como: de onde viemos, para onde vamos. O segundo ponto é a “integração com a natureza”, já que o objetivo principal das ciências é estudar e compreender a natureza. O terceiro é “cidadão do mundo” e por último, “a paixão pela descoberta” que segundo o autor, o aluno deve participar desse processo de descoberta durante a aula, e não apenas receber a informação pronta (Gleiser, 2000, p.5). Ainda segundo Gleiser,

“Uma vez que os quatro pontos acima são integrados na sala de aula, acredito que ciência passa a ser algo maior, mais profundo do que a aplicação do método científico. Ela passa a fazer parte da história das ideias, do nosso esforço em compreendermos nossa essência e a do mundo à nossa volta. Ao comunicarmos essas ideias aos nossos alunos, estamos recriando essa história, transformando a sala de aula em um laboratório de anseios e descobertas, rendendo tributo a essa grande aventura humana” (GLEISER, 2000, p.5).

Muitas das dificuldades enfrentadas pelos professores de física que satisfaça os quatro pontos apresentados por Gleiser e, em especial, a paixão pela descoberta, podem ser contornadas pelo próprio professor com o auxílio de uma metodologia de ensino adequada.

2. QUESTÃO DE PESQUISA

Uma estratégia que pode ser usada no auxílio do ensino de física em salas de aula é a construção e demonstração do uso do Gerador de Van de Graaff (GVdG). Sendo um aparelho de baixo custo, feito com materiais de fácil acesso, mas que ao mesmo tempo pode ser utilizado por um longo período com as manutenções periódicas necessárias, e que tem um grande potencial didático.

O GVdG é um gerador de energia estática capaz de criar altíssima tensão, podendo chegar a 1 milhão de Volts. O aparelho funciona com base na eletrização por atrito e na

distribuição superficial de cargas, e foi criado pelo Físico Van de Graaff no ano de 1931 com a intenção de atingir uma grande diferença de potencial (ddp) para ser utilizada nos aceleradores de partículas que surgiam naquela época. Além de seu potencial científico e tecnológico, os Geradores de Van de Graaff, em escalas apropriadas, resultam em demonstrações bastante impressionantes, como por exemplo, pequenas descargas parecidas com relâmpagos, descargas coronas e acender lampas queimadas com certas distâncias do aparelho devido ao campo elétrico formado.

Com a grande ddp que o aparelho atinge, quando em condições favoráveis, conseguimos arrepiar os cabelos de uma pessoa que esteja em contato com ele. No processo de carga da cúpula, descargas elétricas no ar podem ser observadas com elevadíssimo potencial elétrico, porém com corrente muito pequena. Essas descargas elétricas (raios) correspondem à ionização do ar e causam um fenômeno elétrico-luminoso que em geral atrai a curiosidade e mobiliza o interesse dos jovens.

Tendo em vista as potencialidades do GVdG enquanto artefato científico-tecnológico que atrai a atenção de jovens em função de seu efeito elétrico-luminoso, mas também em função de sua ideia fundamental (gerar alta tensão), apresentamos a questão principal dessa pesquisa: **Quais conceitos e teorias da Física podem ser aprendidos por um grupo de alunos do Ensino Médio ao se envolverem em um projeto de construção, uso e análise de um Gerador de Van de Graaff?** Além disso, questionamos como se daria tal processo? Serão ampliados seus interesses e engajamento para a aprendizagem dos conceitos científicos relacionados?

3. OBJETIVO GERAL

Este projeto tem por objetivo propor a utilização de experimentação nas aulas de eletrostática com a montagem e utilização de um aparato científico, o Gerador de Van de Graaff, relacionando-o com os conceitos e conteúdos estudados no decorrer da disciplina. Proporcionando aos alunos uma visão mais “científica” da física, a fim de mudar seus modelos mentais e levá-los a refletir sobre o estudo da eletricidade.

É importante ressaltar que esse trabalho não teve como objetivo a análise quantitativa de aspectos cognitivos ou psicológicos dos alunos ou da eficácia do uso do GVdG como recurso de ensino. No entanto, não devemos subestimar os aspectos psicológicos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, pois um gerador similar ao construído nesse projeto foi apresentado para os alunos do Ensino de Jovens e Adultos (EJA) na mesma escola, em turno da noite, como recurso em uma aula de eletrostática, e pudemos constatar um grande interesse, por parte dos alunos, pelos fenômenos elétricos apresentados pelo aparelho. O GVdG tem a capacidade de atrair a atenção tanto de jovens quanto de adultos e isso mostra a sua inegável aptidão motivacional para além de um aparelho técnico-científico.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir em conjunto com os alunos um aparelho eletrostático de baixo custo para o uso nas aulas para o estudo do caráter elétrico da matéria.
- Trabalhar conceitos e teorias envolvidos no funcionamento de um GVdG.
- Trabalhar a construção e demonstração de um GVdG no uso experimental com alunos do ensino médio.
- Despertar o interesse, criatividade e engajamento para a aprendizagem dos conceitos científicos relacionados.
- Desenvolver nos alunos habilidade no aprendizado de física, visualizando e manuseando o experimento para entender os conceitos por trás do funcionamento do aparelho.

5. REVISÃO DE LITERATURA

É notório que o ensino de física na rede pública é precário, tanto por falta de infraestrutura quanto por falta de tempo das aulas. Outro problema que assola as salas de aulas do ensino médio é a dificuldade que os professores têm em construir de forma funcional e contextualizada o conhecimento físico. A física é vista como uma disciplina complicada até mesmo pelo professor que está lecionando; muitas vezes em virtude da não assimilação dos conteúdos visto durante a graduação, o que acaba por gerar um desinteresse no graduando em lecionar.

Esse desânimo do professor acaba por gerar desânimo nos alunos, e com aulas exclusivamente expositivas os professores acabam por passar dificuldade ao ensinar os conteúdos e conceitos físicos, tirando assim o interesse dos alunos em aprender. "Além disso, mesmo que o aluno aprenda a física na escola, ele não consegue associar o conhecimento assimilado à sua realidade, com isso, não assimilando os conceitos e, por consequência, não aprende o conteúdo" (Silva, 2012).

Para Moreira (2000), a forma com o qual o ensino tem sido aplicado é uma importante questão na problemática do ensino de física. Ele faz, em seu texto, uma retrospectiva além de trazer uma perspectiva sobre o ensino de física no Brasil e no mundo. Em seu trabalho ele cita o projeto *Physical Science Study Committee* (P.S.S.C.) desenvolvido pelo *Massachusetts Institute of Technology* (M.I.T.) e que serviria como forma de reestruturar o currículo de Física no ensino médio. O projeto não durou tanto, pois apesar de trazer uma abordagem diferenciada como materiais interfuncionais, procedimentos físicos e filosofia de ensino para a Física, o projeto se dedicava mais a como ensinar física, mas nada sobre aprender.

O ensino de física no Brasil é baseado em aulas exclusivamente expositivas, pouco dialogadas e que tem como prioridade o ensino de fórmulas e conteúdo para preparar os alunos para os vestibulares. E podemos ver isso até mesmo nos livros didáticos que trazem uma grande quantidade de figuras e fórmulas, mas poucos textos explicativos fazendo com que a construção do conhecimento não seja facilitada. Moreira (2000) propõe uma alternativa em que o professor busque como perspectiva as competências e habilidade propostas no Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs e PCN+), hoje, substituídos pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Esta falta de diálogo (Professor-Conteúdo-Aluno) nos traz uma outra dificuldade que é encontrada por muitos alunos, que é a descontextualização, ou a falta de contextualização dos conteúdos com os eventos vividos pelos alunos em seu dia a dia. Segundo Menegotto e Filho (2008) os alunos entendem a importância de se aprender física e conseguem ver sentido na prática, no entanto, a maneira como o professor aplica o conteúdo e a falta de contextualização acaba dificultando um melhor rendimento. Para Leite (2015) é necessário que o professor construa os conceitos de forma sólida, trabalhando com modelos e situações reais.

A experimentação no ensino de ciência é um recurso para a melhor contextualização dos conteúdos, ajudando na criação e manutenção dos modelos mentais dos alunos, a respeito dos conceitos apresentados. Para Araújo e Abid (2003) as atividades experimentais como

estratégia de ensino de Física têm sido apontadas por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente.

O uso da experimentação e de atividade de demonstração com a manipulação adequada dos conceitos pode promover uma grande mudança em sala de aula, que valorize o aprendizado do aluno. Para Laburú (2006) as atividades que envolvem experimentos geram expectativas nos alunos, podendo se aproveitar para criar conceitos, trabalhar a investigação e explicar fenômenos.

6. REFERENCIAL TEÓRICO

Tendo em vista o trabalho em grupo e em situação experimental, pareceu sugestivo um referencial baseado no conceito de Modelos Mentais (MM) à luz da teoria de Johnson-Laird (1983). Essa teoria nos permite traçar as ideias dos alunos sobre os fenômenos e aos poucos avançar para modelos conceituais que expliquem o que está sendo observado e estudado a partir de conceitos da Física.

De modo simples, modelos mentais pela visão de Laird, são modelos criados na mente de alguém.

“São representações analógicas, um tanto quanto abstraídas de conceitos, objetos ou eventos que são espacial e temporalmente análogos a impressões sensoriais, mas que podem ser vistos de qualquer ângulo e que, em geral, não retêm aspectos distintivos de uma dada instância de um objeto ou evento” (Moreira, 1996, p.02).

Para Norman (1983 apud Moreira, 1996) os modelos mentais apresentam seis características: MM não são completos; possuem limitações para serem “rodados”; possuem instabilidades; não possuem boa definição; Modelos mentais não são científicos; e são econômicos.

Em contra partida, os modelos conceituais são criados para ajudar na compreensão ou ensino de conceitos, sistemas ou coisas físicas.

“São representações precisas, consistentes e completas de sistemas físicos”
(Norman, 1983 apud Moreira, 1996).

Os modelos conceituais são utilizados no ensino, pelos professores, de modo a fazer com que os alunos desenvolvam MM mais parecidos com o sistema físico apresentado.

Temos então que MM são representações analógicas da realidade criadas pelo indivíduo, representações de algo que é um aspecto do mundo exterior. São modelos criados na mente de alguém que refletem a compreensão que ela pode ter de um certo sistema.

Segundo a teoria de Laid, nós construímos modelos mentais de eventos e processos de coisas do mundo empregando processos mentais tácitos. Para compreender qualquer fenômeno ou estado de coisas, precisamos ter algum modelo funcional dele, assim, nossa habilidade em dar explicação está relacionada, intimamente, com a nossa compreensão daquilo que é explicado.

Neste sentido, a seguir listamos as percepções observadas, de alguns alunos, em cada momento do trabalho: Antes da atividade e após a atividade intermediada pela intervenção realizada com a construção do gerador de Van der Graff.

Modelos iniciais percebidos pelo professor.	Processo de construção do gerador (momento específico).	Modelos mentais percebidos pelo professor após o processo de construção do gerador.
<p>Este momento foi feito durante e após as unidades didáticas. Pudemos perceber alguns modelos mentais iniciais dos alunos, como por exemplo:</p> <p>Quando perguntados como eles achavam que o gerador funcionava, vários alunos responderam que a cúpula do gerador era ligada ao motor, por isso podíamos sentir um choque. Dois alunos argumentaram que talvez acontecesse igual quando se atrita um pente no cabelo, já</p>	<p>Durante esse momento de construção do gerador, os alunos começaram a entender e questionar o funcionamento.</p> <p>Quando eu fui explicar a relação do rolete com a correia, um dos alunos já perguntou, antes mesmo de eu começar, se era ali que acontecia a eletrização.</p> <p>Esse momento tinha exatamente o objetivo de explicar a função de cada peça no funcionamento do gerador. E é onde foi sendo</p>	<p>Após a construção do gerador percebemos que atingimos o objetivo do projeto, uma vez que os alunos já conseguiam explicar o funcionamento do gerador de forma satisfatória.</p> <p>Um ou dois alunos ainda tiveram dificuldades em assimilar que mesmo sem um motor o gerador era capaz de funcionar perfeitamente, pois eles ainda ficaram com a ideia de que o que carregava a cúpula</p>

<p>que o gerador faz os cabelos arrepiarem.</p> <p>Quando perguntados se eles conseguiriam relacionar os conceitos estudados (eletrização) com o gerador, nenhuma dos alunos conseguiram fazer essa relação, nem mesmo os dois alunos que citaram o pente na resposta anterior.</p>	<p>modificado os modelos mentais dos alunos.</p> <p>Eles já foram perceberam que a cúpula não era ligada ao motor, e o que deixava ela eletrizada (não usaram exatamente essa palavra) era a correia em conjunto com o rolete.</p>	<p>era o motor.</p> <p>Uma aluna explicou que o atrito da correia com o rolete eletrizava o rolete e este atraía elétrons do ar e os transportavam para a cúpula através da correia. Essa é uma explicação simplificada do funcionamento.</p>
---	--	---

7. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido com um grupo de alunos, sendo dividido em duas unidades didáticas e uma oficina para a montagem do GVdG. Buscamos incrementar as discussões no que diz respeito ao uso da experimentação no ensino de física no ensino médio.

Para tanto, desenvolvemos o projeto: **“O uso do Gerador de Van de Graaff nas Aulas de Física no Ensino Médio”**, que foi trabalhado com uma turma do 3º ano do ensino médio de uma escola da rede pública de Alfenas (E.E. Judith Vianna). Essa atividade se organizou em forma de unidades didáticas com as quais trabalhamos os conceitos de Campo e Potencial Elétrico, Diferença de Potencial, Tipos de Eletrização, Quebra/rompimento da Rigidez Dielétrica do Ar.

7.1. Metodologia de pesquisa

Para Vergara (2009) a pesquisa se classifica em dois grupos divididos pelos critérios de “fins” e “meios”. A pesquisa pode, quanto aos fins, ser classificada como exploratória, explicativa, descritiva e aplicada. Quanto aos meios, a pesquisa pode ser bibliográfica, documental, estudo de caso, pesquisa-ação e entre outras.

Pensando nisso, nosso processo implica uma metodologia que permite encará-la como um estudo de caso, com os seguintes contornos:

- Foi realizado com uma turma de 15 a 25 alunos.
- Foi realizado durante os trabalhos do Projeto de residência Pedagógica.
- Foram desenvolvidas atividades experimentais envolvendo o GVdG.
- Foi observado de forma qualitativa como os modelos mentais desses alunos evoluem.
- Foi observado de forma qualitativa como os alunos se comportam diante de uma abordagem didática diferenciada.

7.2. Etapas e desenvolvimento do projeto

O projeto foi realizado em três etapas:

- Etapa 1 – Desenvolvimento do projeto da construção do GVdG, e formulação das unidades didáticas com as quais trabalhamos os conceitos envolvidos no funcionamento e a construção de um GVdG.
- Etapa 2 - Unidades didáticas: a) Aula expositiva com o tema: Eletrização b) Aula expositiva com o tema: Potencial Elétrico e diferença de potencial.
- Etapa 3 – Construção do GVdG junto com os alunos à medida que foram retomados os conteúdos relacionados ao funcionamento de cada componente montado.

Inicialmente foram trabalhadas com os alunos duas unidades didáticas onde introduzimos os conceitos de Eletrização e tipos de eletrização, campo elétrico, potencial elétrico e diferença de potencial. Essas unidades foram aplicadas aos alunos divididas em duas aulas de 50 minutos cada. Ao final das unidades conversamos sobre exemplos de aplicações dos conceitos no cotidiano, e falamos também sobre o Gerador. Com isso os alunos criaram seus primeiros modelos mentais sobre o Gerador.

Na etapa seguinte, algumas semanas à frente, os alunos foram envolvidos na construção do GVdG. Como introdução apresentamos o que era o projeto e um pouco da história do aparelho e partimos para a montagem. A montagem do gerador seguiu uma ordem, onde

apresentávamos cada peça e retomávamos os conceitos físicos estudados nas unidades didáticas anteriores que explicavam a função de tal peça no aparelho. Por exemplo, apresentamos a correia e os roletes, e retomamos os conceitos de eletrização por atrito.

8. CONSTRUÇÃO DO GVdG

8.1. Introdução histórica e funcionamento

O Gerado de Van de Graaff foi criado pelo Físico e engenheiro mecânico Robert J. Van de Graaff (figura 1) no ano de 1931. Robert estudou na Universidade do Alabama, nos Estados Unidos, tendo obtido os títulos de Bacharel e Mestre em engenharia mecânica. Entre 1925 e 1928 estudou em Oxford, na Inglaterra, recebendo os títulos de Bacharel e Doutor em Física; neste período Robert passou a se interessar pela pesquisa na área da física atômica após assistir a uma conferência de Marie Curie, que o levou à criação do gerador (InfoEscola, [s.d.]).



Figura 1- Robert J. Van de Graaff

Fonte: https://pt.qwe.wiki/wiki/Robert_J._Van_de_Graaff (acessado em: 27/02/2021)

Após retornar para os Estados Unidos em 1929, ele construiu seu primeiro protótipo do gerador, onde conseguiu atingir 80.000 Volts. Em 1931 realizou algumas melhorias em seu modelo inicial, para apresentá-lo no jantar de inauguração do Instituto Americano de Física. Seu novo aparelho atingiu 1.000.000 Volts.

A partir de então, Robert passou a utilizar seu gerador em suas pesquisas na área de física nuclear, nos primeiros aceleradores de partículas. Os geradores utilizados nos aceleradores chegavam a mais de 12 metros de altura e cúpula de 4 metros de diâmetro (figura 2)

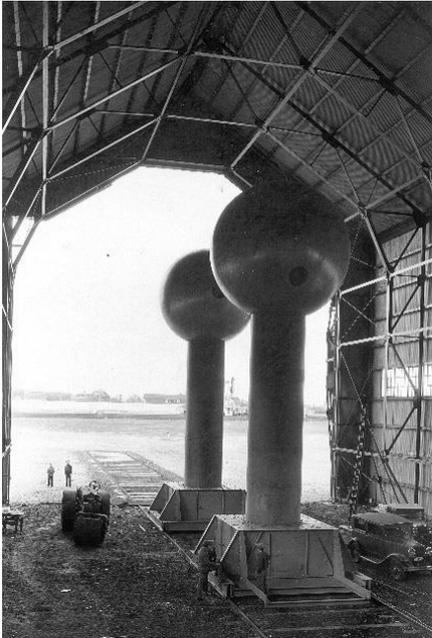


Figura 2- Gerador construído por Robert J. Van de Graaff.

Fonte: <https://fabricadeciencias.wordpress.com/2015/10/14/gerador-de-van-de-graaff-diversao-garantida/> (acessado em: 27/02/2021)

O GVdG é um gerador de energia eletrostática com capacidade de atingir tensões de milhares de volts. Seu funcionamento baseia-se na separação de cargas nos corpos por eletrização por atrito e na distribuição superficial de cargas. O gerador é constituído basicamente por uma base isolante, um motor, dois roletes (superior e inferior), uma correia de material isolante (borracha, por exemplo), duas escovas de metal e uma cúpula de metal. Os materiais usualmente utilizados para a base é o acrílico ou PVC, os roletes são de materiais diferentes e pelo menos um deles feito de material condutor.

Os geradores menores utilizados em demonstrações, como o que construímos, funcionam da seguinte maneira.

1. Quando o motor é acionado, o rolete inferior começa a se movimentar. Essa rotação faz com que a correia transportadora também entre em movimento, e o atrito entre correia e rolete faz com que eles se eletrizem.



Figura 3- Esquema de eletrização rolete/correia

Fonte: http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Van%20de%20Graaff.htm (acessado em: 27/02/2021)

2. Como as cargas na correia estão distribuídas por uma superfície maior do que a do rolete, temos, no rolete inferior, uma concentração maior de cargas em um espaço menor, criando uma região de campo elétrico intensa ao seu redor, deixando o ar nessa região ionizado.

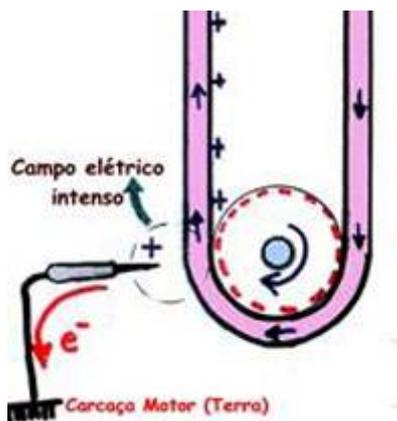


Figura 4- Esquema de funcionamento GVdG

Fonte: http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Van%20de%20Graaff.htm (acessado em: 27/02/2021)

3. As cargas do rolete inferior repelem cargas de mesmo sinal da escova inferior deixando as pontas com cargas de sinais opostos. Pelo “efeito das pontas” o campo elétrico gerado

arranca cargas das moléculas de ar que são atraídas para o rolete, ao mesmo tempo em que cargas das pontas da escova também saltam para o rolete.

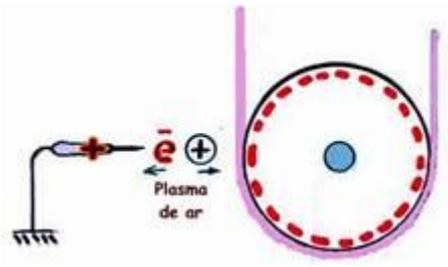


Figura 5- Esquema d funcionamento GVdG

Fonte: http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Van%20de%20Graaff.htm (acessado em: 27/02/2021)

- Essas cargas que vão em direção ao rolete encontram a correia como obstáculo, e acabam se aderindo a ela. Agora essas cargas são transportadas para cima.

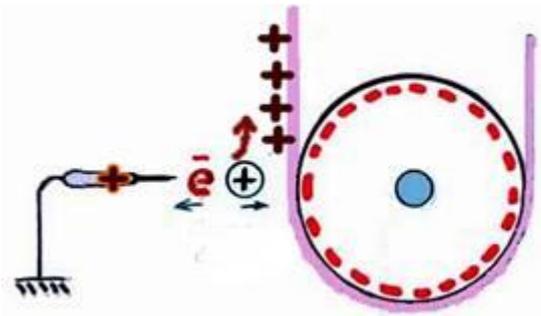


Figura 6- Esquema de funcionamento GVdG

Fonte: http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Van%20de%20Graaff.htm (acessado em: 27/02/2021)

- Quando chegam em cima, essas cargas encontram um novo campo elétrico criado pelo rolete superior, contrário ao campo do rolete inferior. E este campo expulsa essas cargas que vão em direção à escova coletora.
- Ao chegarem à escova coletora, essas cargas são levadas para o interior da cúpula. A cúpula é uma esfera oca, de metal; e os materiais ocos de metal possuem uma característica a qual faz com que todas as cargas colocadas em seu interior sejam distribuídas em sua superfície externa. Criando assim um acúmulo cargas, deixando o GVdG carregado.



Figura 7- Esquema de funcionamento GVdG

Fonte: http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Van%20de%20Graaff.htm (acessado em: 27/02/2021)

8.2. Construção

Nosso gerador foi pensado para ser um recurso didático de baixo custo de modo que possa ser construído por qualquer professor, mas que também seja eficiente no que diz respeito ao seu funcionamento e durabilidade. Um gerador didático, na internet, pode chegar a custar até R\$ 5.000,00; no nosso gastamos menos de R\$ 150,00. Os materiais que ficaram mais caros foram o motor e a cúpula, pois foram comprados novos; mas, comprando de segunda mão consegue-se por menos da metade do preço.

8.2.1. Materiais

- 1 Base de madeira quadrada
- 2 caibros de madeira de 9*3*3cm
- 2 Pedacos de 45 cm canos de PVC de 50mm
- 2 Cilindro de Madeira Torneado tipo barril (ou cano de pvc de ¼")
- Fita veda rosca
- 2 mancais com rolamento para eixo de 8mm
- 1 Polia com furo de 8mm

- 1 Correia de material isolante
- 1 Motor de máquina de costura
- 1 Dimmer de velocidade simples
- Cúpula de alumínio (duas formas de pudim, ou um tacho pequeno)
- 4 rolamentos pequenos (de skate)
- Diversos (parafuso, cabo de extensão, chave de fenda, ferramentas, tec.)
- Barra roscada e porcas

8.2.2. Montagem

Vamos apresentar a montagem de baixo para cima, desde a base até a cúpula. Um esquema com o desenho e medidas do nosso gerador foi colocado nos apêndices

Primeiramente parafusamos os caibros de madeira na base. A base e os caibros foram feitos em uma serralheria.



Figura 8- Fixação dos caibros

Fonte: o autor

Em seguida, foram parafusadas as colunas de sustentação. Inicialmente as colunas foram feitas de MDF, no entanto percebemos que a cúpula do gerador não estava carregando e após algumas observações chegamos à conclusão de que as colunas de MDF estavam roubando cargas da correia e atrapalhando o carregamento da cúpula. Sendo assim, nós trocamos o MDF por cano de PVC de 50mm; para isso nós o esquentamos e o amassamos para que adquirisse forma plana, de modo a substituir as colunas de MDF.

É importante notar no esquema que as colunas de sustentação têm quatro furos (dois em cada coluna) que são muito importantes para a passagem dos roletes.

Todas as fotos neste trabalho estão com as colunas em MDF, pois a substituição foi feita após a finalização da oficina, EXCETO a figura 15 que foi tirada já com a substituição das colunas por PVC. No entanto, o aparelho encontra-se na Universidade e pode ser verificado.



Figura 9- Fixação das colunas de sustentação

Fonte: o autor

Após a fixação das colunas, foi a hora de fixar um dos mancais em um dos caibros. É importante lembrar que essa parte deve ser bem centralizada e alinhada para evitar vibração, e que a correia escape do rolete.



Figura 10- Fixação do mancal

Fonte: O autor

Passamos então para os roletes. Os roletes foram feitos em madeira torneada de modo a ficar com formato de barril, para que segure melhor a correia. Cada rolete foi perfurado de um

lado ao outro com uma broca de 8mm, de modo que permitisse a passagem da barra roscada (eixo); o rolete superior foi feito um pouco mais largo, e em cada extremidade foi feito um furo de 22mm de modo a acomodar os rolamentos de skate.

O rolete inferior foi recoberto com fita veda rosca (teflon) e atravessado por um pedaço de barra roscada junto com o segundo mancal; o rolete superior foi revestido de papel alumínio e em cada extremidade introduzido um rolamento. Posteriormente o papel alumínio foi removido e o rolete ficou só na madeira.



Figura 11- Roletes superior e inferior

Fonte: o autor

Em seguida foi introduzida a barra roscada no rolete interior, e para que este não ficasse se movendo ao longo da barra roscada foi feita a limitação com contra porca.

Chegou a hora de montar os roletes e a correia na estrutura. Lembrando que a correria precisa ser de material isolante; a nossa foi feita com um pedaço de manta de colchão inflável, que é feito de PVC, mas o ideal é que seja feita com borracha.

Passamos um pedaço de barra roscada pelo centro do rolete superior, e em seguida passamos este por dentro da correia e acomodamos o conjunto nas colunas de sustentação, através dos furos na parte superior nas colunas (figura 12, lado esquerdo).

Em seguida passamos o rolete inferior, que já estava com barra roscada, pela correia e pelo mancal que já estava fixado na base; o segundo mancal foi fixado do outro lado da base. Temos assim, a estrutura do gerador pronta. Foi adicionado também dois pedaços de cano de cobre nas colunas, para dar mais altura e melhorar o contato da escova com a cúpula, mas é opcional (figura 12 lado direito).



Figura 12- Introdução dos roletes e correia

Fonte: o autor

Faltam agora as escovas coletoras. Estas foram feitas com pedaço de lata de spray de tinta, mas poderia ter sido feita com latinha de bebida ou até mesmo com fio de cobre. As escovas são as responsáveis por transmitir as cargas para a correia, e depois para a cúpula e devem ser feitas preferencialmente de metal. Foram fixadas, uma abaixo do rolete inferior, e outra acima do rolete superior. A escova superior foi ligada aos canos de cobre, a fim de fazer a transmissão para a cúpula; mas, como os canos de cobre são opcionais, a escova pode ser ligada diretamente à cúpula.



Figura 13- Fixação da escova coletora

Fonte: o autor

Agora podemos adicionar a cúpula. Nossa cúpula foi feita com um caldeirão de alumínio, mas esta pode ser feita de diversas formas como, por exemplo, duas formas de pudim ou duas telas protetoras de alimentos (O importante é que seja oca e feita de metal). A cúpula deve ser conectada à escova coletor superior.



Figura 14- Gerador

Fonte: o autor

Do jeito que está na figura acima, nosso gerador já está funcional, em condições apropriadas. Pois este foi pensado também para funcionar sem a necessidade de um motor elétrico. Mas, posteriormente foi adicionado um motor de máquina de costura.



Figura 15- Gerador de Van de Graaff

Fonte: o autor

9. CONCLUSÕES

Partimos do pressuposto de que o uso de experimentação como recurso didático tem a capacidade de potencializar o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula. Com isso procuramos desenvolver esse trabalho de forma a criar um passo a passo para a construção do GVdG de modo que outros professores possam também o reproduzir em suas turmas.

Com o desenvolvimento deste trabalho concluímos que a construção de um GVdG de baixo custo é possível. Pudemos notar que o interesse dos alunos tanto pelo aparelho, quanto pelos conceitos envolvidos foram bem maiores do que quando apresentados nas unidades didáticas. Conseguimos despertar o interesse, criatividade e o engajamento dos alunos para a construção e aprendizagem dos conceitos científicos relacionados. Os alunos se envolveram na construção e não foi necessário ficar insistindo com eles para que prestassem a atenção ou que ajudassem.

Nos apêndices temos fotos da oficina de montagem, as fotos foram tiradas e utilizadas com a permissão por escrito e assinatura dos alunos, nelas podemos ver os alunos participando. O desenvolvimento deste trabalho foi muito enriquecedor para nós, pois sinceramente não imaginamos que seria como foi, e isso é muito gratificante.

10. Referências bibliográficas

- [1] Silva, D. S. S. **A versatilidade da bobina de Tesla na prática docente do ensino do eletromagnetismo**. 2012. 66f. Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Curso de Física, Fortaleza, 2012.
- [2] Araujo, M. S. T; Abid, M. L. V. S, **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 2, pp. 176–194, 2003.
- [3] Johnson-Laird, P. (1983). **Mental Models**. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- [4] Moreira, M. A. “**MODELOS MENTAIS**” vol. 1, no. 3, pp. 193–232, 1996.
- [5] A. Tarciso Borges. **UM ESTUDO DE MODELOS MENTAIS**. Investigações em Ensino de Ciências – V2(3), pp. 207-226, 1997.
- [6] Vergara, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. 11º Ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- [7] Gleiser, M. **Por que Ensinar Física?**. Física na Escola, v. 1, n. 1, p. 4-5, 2000.
- [8] BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **PCN+:** Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília, DF, 2002.
- [9] Borges, O. **Formação Inicial de Professores de Física: Formar Mais! Formar Melhor!** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 2, p. 135-142, (2006).
- [10] MOREIRA, M.A. **Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectiva**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 22, nº1, 2000.
- [11] MANEGOTTO, J. C; FILH, J. B. R. **Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física**. Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias. Vol. 7, nº 2, 2008.
- [12] LABURÚ, C. E. **Fundamentos para um experimento cativante**. Caderno Brasileiro de ensino de Física, v. 23, nº. 3, p. 380-404, dez. 2006.
- [13] Luz, Antonio Maximo Ribeiro da. Álvares, Beatriz Alvarenga - **Física: Volume 3** – São Paulo: Scipione, 2000.
- [14] **Física completa: volume único**; ensino médio / Regina Azenha Bonjorno... / [et al] . - 2. Ed. – São Paulo: FTD, 2001.
- [15] Young, Hugh D. **Física III; eletromagnetismo** / Young e Freedman ; [colaborador A, Lewis Ford] ; tradução Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Adir Moysés Luiz - São Paulo : Addison Wesley, 2009

APÊNDICE A – Autorização de Imagem Assinada Pelos Alunos

AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM

Eu, _____.

Portador do RG nº: _____, autorizo a gravação (em vídeo e/ou fotografia) durante a “Oficina Gerador de Van de Graaff”, e a utilização de minha imagem pelo residente, Istenio N Morais. Permito a utilização da minha imagem e depoimentos em qualquer meio de comunicação para fins didáticos, de pesquisas e divulgação do conhecimento científico sem qualquer ônus e restrições.

Fica ainda autorizada, de livre e espontânea vontade, para os mesmos fins, a cessão de direitos da veiculação, não recebendo para tanto qualquer tipo de remuneração.

Alfenas, ____ de _____ de 2019.

Assinatura: _____

APÊNDICE B – Esquema do GVdG

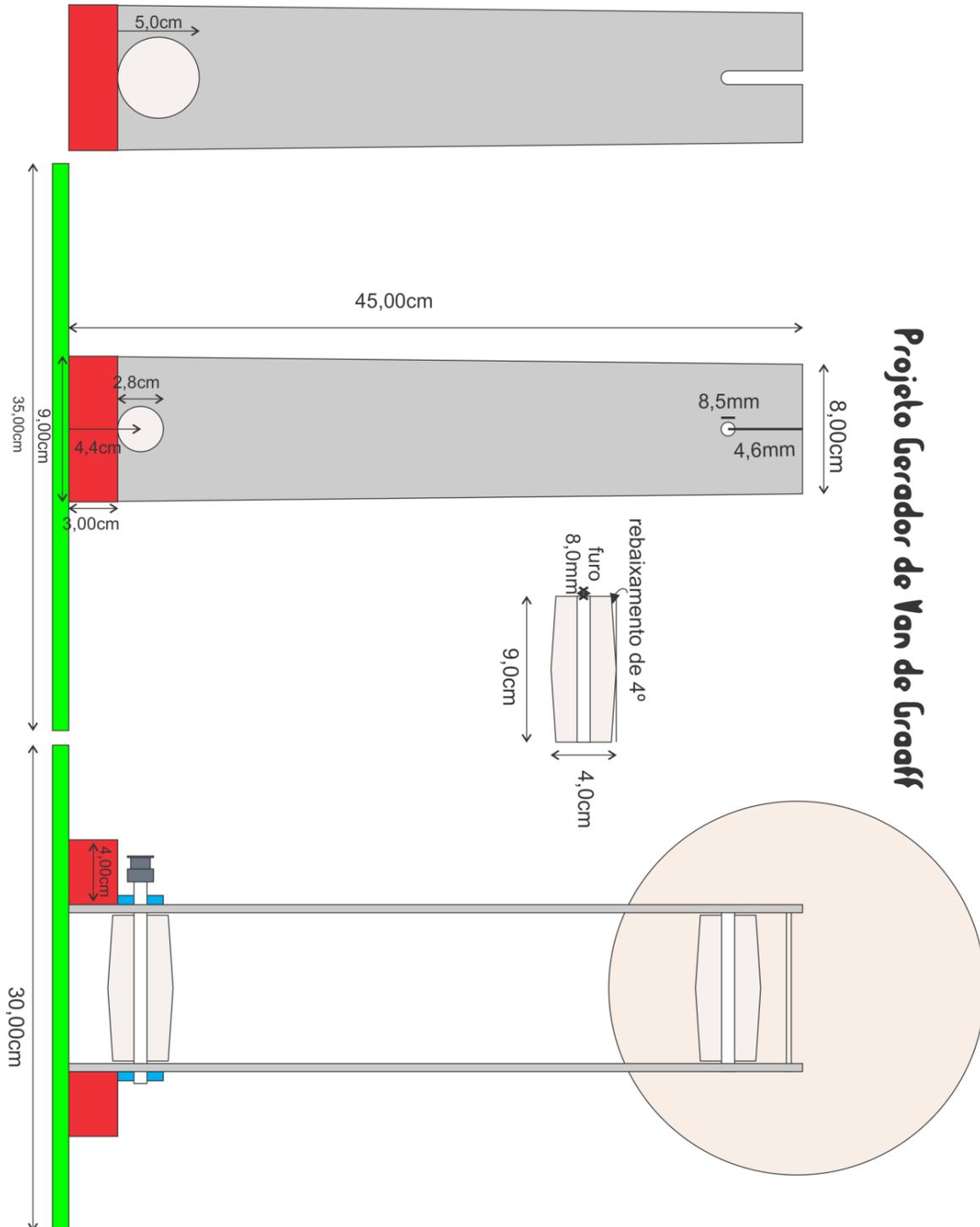


Figura 16 - Esquema do projeto GVdG

Fonte: O autor

APÊNDICE C – Sequencias Didáticas



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS – UNIFAL-MG
Instituto de Ciências Exatas
Núcleo de Física



Residência Pedagógica

Istenio Nunes de Moraes
Péricles Antônio da Silva

Plano de Aula: Eletrização

Turma:

3º (1 e 2) - Escola Estadual Judith Vianna

Duração:

Uma ou Duas aulas de 50 min. cada (aproximadamente).

Data de aplicação:

Recursos:

Lousa (quadro negro), giz, livro didático, equipamento experimental.

Conteúdo abordado:

Materiais condutores e isolantes, Eletrização, e processos de eletrização.

Conhecimento prévio:

Noções de carga elétrica.

Objetivo:

Com este plano de aula temos o objetivo de que o aluno adquira os conhecimentos sobre os conceitos e princípios de eletrostática e consigam associar esses conceitos no seu cotidiano.

- Reconhecer e diferenciar um corpo neutro de um corpo eletrizado;
- Reconhecer e diferenciar um corpo condutor de um corpo isolante;
- Reconhecer no cotidiano os conceitos apresentados durante as aulas.

Resumo/justificativa:

O tempo todo estamos em contato direto ou indireto com os fenômenos elétricos e eletrostáticos, seja os de causas naturais (um choque na porta do carro eletrizado, uma descarga elétrica em uma tempestade de raios) ou de causas induzidas (“criação” da energia nas usinas, o uso da energia elétrica nos eletrônicos e eletrodomésticos), no entanto, na maioria das vezes não compreendemos como esses fenômenos acontecem, o que está por trás de tudo isso. Pensando nisso essa aula propõe expor os conceitos de eletrização de corpos, e os tipos de eletrização mais comuns.

Desenvolvimento:

Princípios da Eletrostática:

Nas aulas anteriores tivemos uma noção do que é um átomo e do que ele é constituído, vimos o que são cargas elétricas e forças elétricas. Hoje vamos falar sobre a eletrostática.

A eletrostática é o ramo da física que estuda as propriedades e a ação entre as cargas elétricas em repouso. A eletrostática se fundamenta em dois princípios.

Atração e repulsão

Cargas elétricas de sinais iguais se repelem, e cargas com sinais diferentes se atraem. Ou seja, se aproximarmos dois materiais eletrizados com cargas positivas eles iram se repelir, e se aproximarmos um material eletrizado positivamente de um eletrizado negativamente, estes iram se atrair.

Conservação das Cargas Elétricas

Em um sistema eletricamente isolado, a soma algébrica das cargas elétricas é constante.

Se um corpo com uma carga Q_1 for colocado em contato com um corpo de carga Q_2 e estes trocarem cargas, a soma final das cargas destes corpos (Q_1' e Q_2') deve ser igual à soma das cargas iniciais.

$$Q_1 + Q_2 = Q_1' + Q_2'$$

Condutores e Isolantes:

São chamados de condutores os materiais em que seus elétrons têm maior liberdade para se locomoverem quando sujeitos a uma força, devido a estarem ligados fracamente ao núcleo. Estes elétrons são chamados de elétrons livres e são os responsáveis pela condução de eletricidade nos materiais.

Os materiais isolantes não apresentam elétrons livres, pois os elétrons estão fortemente ligados ao núcleo do átomo. Ainda assim, esses materiais podem ser eletrizados com a diferença de que nos isolantes as cargas permanecem na região onde elas aparecem. E nos condutores, as cargas são distribuídas pela superfície do material.

Eletrização:

A eletrização é o processo de transformar um corpo, que antes estava neutro, em um corpo eletricamente carregado. Um corpo neutro é aquele em que seu número de prótons e elétrons são iguais. Quando ocorre um desequilíbrio entre o número de prótons e o número de elétrons nos átomos de um corpo, dizemos que este corpo está eletrizado, positivamente ou negativamente.

Se um corpo perde elétrons (cargas negativas), este corpo ficará positivamente carregado, pois este tem um número maior de prótons (cargas positivas). Mas se, ao contrário, o corpo ganhar elétrons, ele ficará negativamente carregado.

Tipos de Eletrização:

- **Eletrização por Atrito**

Quando dois corpos são atritados (esfregados) um contra o outro, pode ocorrer a transferência de elétrons de um corpo para o outro. A esta transferência de elétrons, damos o nome de eletrização, e esse processo se chama Eletrização por Atrito.

Considere um canudo de plástico sendo esfregado com um pedaço de papel toalha, ou no próprio cabelo. Após o atrito, estes corpos passam a manifestar propriedades elétricas, que podem ser comprovadas chegando o canudo de plástico próximo a papeis picados que serão atraídos por ele.

----- Fazer o experimento do canudo -----

No processo de eletrização por atrito, os dois corpos envolvidos ficam com quantidade de cargas iguais, porém de sinais opostos.

Pensado na capacidade que os corpos têm de receber ou ceder elétrons, foi criada uma tabela que mostra qual a carga que um material adquire quando atritado dois a dois. O material

que vier antes, na lista, fica eletrizado com cargas positivas. Esta tabela de materiais recebeu o nome de **série triboelétrica**.

Materiais

Pele humana seca	+
Couro	
Pele de coelho	
Vidro	
Cabelo humano	
Fibra sintética (nylon)	
Lã	
Chumbo	
Pele de gato	
Seda	
Alumínio	
Papel	
Algodão	
Aço	
Madeira	
Âmbar	
Borracha dura	
Níquel	
Cobre	
Latão	
Prata	
Ouro	
Platina	
Poliéster	
Isopor	
Filme PVC	
Poliuretano	
Polietileno ('fita adesiva')	
Polipropileno	
Vinil	
Silicone	
Teflon	
	-

- **Eletrização por Contato**

Agora, considerando dois condutores, um condutor A eletrizado (com qualquer carga) e outro condutor B, neutro. Se colocarmos B em contato com o A, é possível eletrizar B.

Quando colocados em contato, parte das cargas do condutor eletrizado “migram” para o condutor neutro, ou seja, o corpo neutro B fica eletrizado com carga de mesmo sinal que A.

Se o corpo A estiver carregado positivamente, quando em contato com B este faz com que elétrons livre de B sejam atraídos para A, deixando B eletrizado positivamente. Se A estiver carregado negativamente, quando em contato com B o excesso de elétrons de A é distribuído por B.

A carga final em cada condutor, após o contato, deve ser proporcional às dimensões de cada um deles. E, obviamente, se os corpos tiverem as mesmas dimensões, no final eles terão o mesmo número de cargas.

Por conservação das cargas, o número final de cargas do sistema, após o contato, deve ser igual ao número de cargas inicial.

$$Q_1 + Q_2 = Q_1' + Q_2'$$

Curiosidade

O que acontece quando um corpo eletrizado entra em contato com a terra?

A terra é um grande condutor elétrico. Sendo assim, vale a transferência de cargas. Como vimos, a distribuição de cargas em uma eletrização por contato é proporcional ao tamanho dos corpos envolvidos no processo. Como as dimensões da terra são bem maiores que qualquer corpo C em sua superfície, as dimensões deste corpo podem ser desprezadas e a carga elétrica que permanece nele é praticamente nula.

Assim, dizemos que um corpo eletrizado se descarrega ao ser ligado à terra (planeta).

- **Eletrização por Indução**

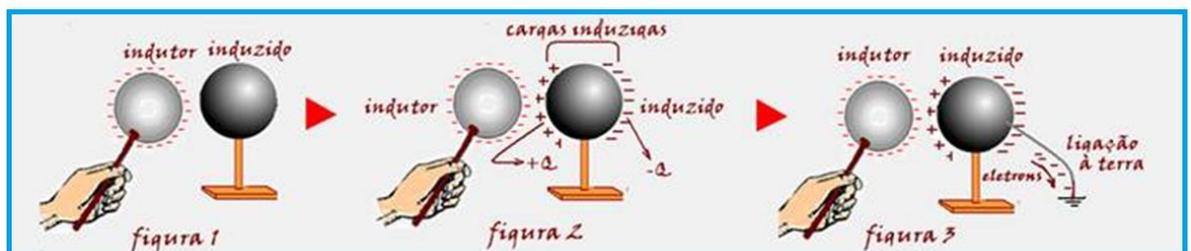
Uma outra maneira de se eletrizar um corpo é através da indução.

Quando aproximamos (sem contato) um corpo A eletrizado positivamente de um condutor B neutro, elétrons livres do corpo B são atraídos por A . Como esses elétrons se acumulam na região de B mais próxima de A , a região de B mais afastada ficará com falta de elétrons, ou seja, com excesso de cargas positivas.

O mesmo ocorre quando o corpo eletrizado é negativo, mas de forma inversa. Este irá repelir elétrons do corpo neutro B , e teremos falta de elétrons na região de B mais próxima do corpo eletrizado. É importante notar que em nenhum dos casos o condutor B ficou eletrizado, pois a densidade de cargas no corpo B continua a mesma. Temos apenas a separação das cargas.

Esse efeito é chamado de Indução Eletrostática. O corpo eletrizado é chamado de **indutor**, pois é ele quem causa a indução (induz a separação das cargas) e o corpo neutro que sofre a indução é chamado de **induzido**.

Pense agora o que acontece se, mantendo o corpo carregado (indutor) próximo ao corpo neutro (induzido) efetuarmos a ligação do corpo induzido à terra por um fio, ou até mesmo tocando nele com o dedo. O excesso de cargas do induzido que tem o mesmo sinal do indutor é escoado para a terra. Quando desfazermos a ligação do induzido com a terra e, afastarmos o indutor, as cargas que sobraram no induzido irão se distribuir pela superfície do condutor e este ficará eletrizado.



É importante perceber que o induzido sempre irá se eletrizar com cargas contrárias às cargas do indutor.

Agora, pensando nesse processo, quem saberia explicar por que ao aproximarmos um corpo eletrizado de um corpo neutro, percebemos que o corpo neutro é atraído pelo eletrizado? (deixe os alunos responderem, e complemente ou corrija a resposta).

Este efeito da indução é empregado em um dispositivo chamado Eletroscópio, que serve para determinar se um corpo está ou não eletrizado. O mais comum é o Pêndulo eletrostático, que consiste em uma esfera suspensa por um fio. Quando aproximamos um corpo da esfera e esta esfera for atraída, quer dizer que o corpo está eletrizado. Caso não aconteça nada o corpo não está eletrizado.

Ainda, se colocarmos uma carga conhecida na esfera do eletroscópio podemos determinar qual é a carga do corpo eletrizado que foi aproximado, através do efeito de atração ou repulsão da esfera.

Finalização

Estes processos de eletrização são empregados em um experimento muito interessante. Um aparelho com o nome de Gerador de Van de Graff, que usa os princípios de eletrização para carregar uma cúpula com uma grande diferença de potencial. Irei falar mais sobre ele na aula de Potencial Elétrico.

Avaliação:

Durante a aula serão feitas perguntas relacionadas ao conteúdo abordado, como avaliação oral. Também será avaliado com questão na prova bimestral aplicada pela professora.

Considerações finais:

Com esse plano esperamos que os alunos compreendam os conceitos de Eletrização, assim como diferenciar os materiais condutores dos isolantes. Esperamos também que com esses novos conhecimentos, suas concepções alternativas se modifiquem.

Referências bibliográficas:

1. Luz, Antonio Maximo Ribeiro da. Álvares, Beatriz Alvarenga - Física: Volume 3 – São Paulo: Scipione, 2000.
2. Física completa: volume único; ensino médio / Regina Azenha Bonjorno... / [et al] . -2. Ed. – São Paulo: FTD, 2001.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS – UNIFAL-MG
Instituto de Ciências Exatas
Núcleo de Física



Residência Pedagógica

Istenio Nunes de Moraes
Péricles Antônio da Silva

Plano de Aula: Potencial elétrico e diferença de potencial

Turma:

3º (1 e 2) - Escola Estadual Judith Vianna

Duração:

Uma aula ou duas aulas de 50 min. Cada (aproximadamente).

Data de aplicação:

Recursos:

Lousa (quadro negro), giz, livro didático, equipamento experimental.

Conteúdo abordado:

Energia potencial elétrica, potencial elétrico, diferença de potencial (ddp), superfície equipotencial.

Conhecimento prévio:

Força elétrica, campo elétrico.

Objetivo:

Com este plano de aula temos o objetivo de que o aluno adquira os conhecimentos sobre os conceitos e princípios de eletricidade e consigam associar esses conceitos no seu cotidiano.

- Reconhecer as equações e interpretar os fundamentos de eletricidade;
- Relacionar energia elétrica/trabalho elétrico com potencial elétrico;

- Reconhecer no cotidiano os conceitos apresentados durante as aulas.

Resumo/justificativa:

O tempo todo estamos em contato direto ou indireto com os fenômenos elétricos, seja os de causa natural (um choque na porta do carro eletrizado, uma descarga elétrica em uma tempestade de raios) ou de causas induzidas (“criação” da energia nas usinas, o uso da energia elétrica nos eletrônicos e eletrodomésticos); no entanto, na maioria das vezes não compreendemos como esses fenômenos acontecem, o que está por trás de tudo isso. Pensando nisso essa aula propõe expor os conceitos de potencial elétrico e diferença de potencial elétrico, que são a base para o funcionamento dos eletrodomésticos e que está em quase tudo ao nosso redor.

Desenvolvimento:

Força elétrica e Trabalho:

Vimos anteriormente com a Lei de Coulomb, que se considerarmos a existência de um campo elétrico criado por uma carga fixa Q e, em um ponto qualquer desse campo, colocarmos uma carga de prova q , sobre essa carga de prova atuará uma força elétrica “ F ”. Essa força tende a deslocá-la, espontaneamente, na sua direção e sentido.



A força elétrica “ F ”, ao deslocar a carga q no sentido da força, realiza um trabalho ($\tau > 0$). Para aproximarmos a carga q da carga fixa Q , temos que realizar um trabalho contra a força de campo para colocar a carga de prova numa posição não-natural.

Dessa forma, a força elétrica realiza um trabalho resistente ($\tau < 0$), pois ela é contrária ao sentido do deslocamento. Nessas condições, a carga q armazena o trabalho sob a forma de energia potencial, podendo utilizá-la para voltar a sua posição inicial, espontaneamente.

Todo trabalho executado para vencer a força elétrica não é perdido, mas sim armazenado sob a forma de energia. Dizemos então que a FORÇA ELETRICA é conservativa.

Consideremos uma carga q que se desloca de um ponto A para o ponto B, sob a ação de uma força elétrica criada por uma carga fixa Q .

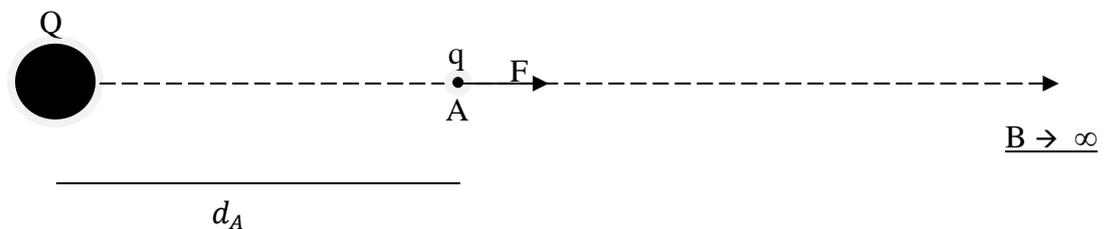
Sabendo que a força elétrica varia com a distância, o trabalho realizado no deslocamento de A para B é dado pela expressão:

$$\tau_{AB} = q * k_0 * Q * \left(\frac{1}{d_A} - \frac{1}{d_b} \right)$$

Observamos que o trabalho não depende da trajetória, mas apenas dos pontos inicial A e final B.

Energia Potencial Elétrica:

Suponhamos agora o ponto B infinitamente afastado da carga fixa criadora do campo.



Neste caso, a distância d_B é tão grande que tende ao infinito; logo $\left(\frac{1}{d_b} \right) = 0$.

Assim, a nova expressão para o trabalho da força elétrica que desloca uma carga de um ponto A até o infinito, é dada por:

$$\tau_{AB} = q * k_0 * \frac{Q}{d_A}$$

Ou

$$\tau_{AB} = k_0 * \frac{qQ}{d_A}$$

Esse é o maior trabalho que pode ser realizado pela força elétrica sobre uma carga q colocada no ponto A.

Como sabemos, energia é a capacidade de realizar trabalho. Concluimos então que a energia potencial elétrica adquirida pela carga q, no ponto A, é igual ao trabalho realizado para se deslocar essa carga ao infinito.

Assim:

$$E_{pA} = k_0 * \frac{qQ}{d_A}$$

Potencial elétrico de uma carga puntual:

Considerando o campo elétrico anterior. O trabalho realizado pela força elétrica para deslocar a carga do ponto A até o infinito é denominado Potencial Elétrico e representamos pela letra V.

$$V_A = \frac{\tau}{q}$$

Mas, como:

$$\tau_{AB} = q * k_0 * \frac{Q}{d_A}$$

Logo:

$$V_A = \frac{q * k_0 * \frac{Q}{d_A}}{q}$$

Assim:

$$V_A = k_0 * \frac{Q}{d_A}$$

O Potencial Elétrico é uma grandeza escalar, ficando determinado apenas pelo seu valor numérico. Podendo ser positivo ou negativo.

A unidade do potencial elétrico no SI é o volt (V), e:

$$1\text{volt} = \frac{1\text{joule}}{1\text{coulomb}}$$

Diferença de potencial (ddp):

A diferença de potencial, ddp, comumente chamada de tensão, é a diferença entre dois pontos com potenciais elétricos e é utilizada para explicar o movimento das cargas elétricas.

A diferença de potencial entre os pontos A e B é indicada por:

$$\Delta V = V_A - V_B$$

A diferença de potencial também pode ser expressa em função do trabalho realizado pela força elétrica para deslocar uma carga q de um ponto A ao ponto B.

$$\Delta V = \frac{\tau_{AB}}{q}$$

No questionário foi perguntado se vocês sabiam como funciona uma pilha/bateria elétrica. O funcionamento desse material é explicado pela diferença de potencial.

Entre os terminais de uma bateria comum existe uma ddp de 1,5 volts, ou seja, em um terminal temos 1,5 volts e no outro temos 0 volts. Quando ligamos uma lâmpada, por exemplo, aos terminais da bateria estamos criando o movimento das cargas e gerando uma corrente elétrica (que será explicada nas próximas aulas).

Potencial em um campo uniforme:

Se abandonarmos uma carga q entre duas placas eletrizadas. O potencial entre elas será dado pelo trabalho realizado para mover a carga do ponto A até B.

Assim:

$$\Delta V = \frac{\tau_{AB}}{q}$$

O trabalho em um campo uniforme pode ser encontrado através da força que atua na carga q .

$$F = q * E$$

Como o trabalho pode ser escrito em função da força, temos que:

$$T = F * d$$

Assim

$$T = q * E * d$$

Agora, substituindo o trabalho na equação do potencial, ficamos com:

$$\Delta V = \frac{q * E * d}{q}$$

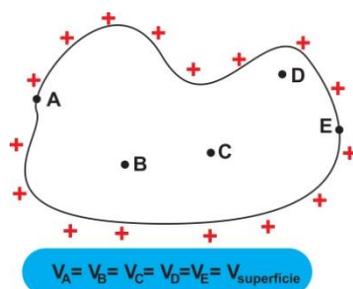
Simplificando as cargas, temos que o potencial em um campo uniforme depende apenas do campo e da distância entre as placas.

$$\Delta V = E * d$$

Potencial de um condutor em equilíbrio eletrostático e superfície equipotencial:

Agora vamos considerar um condutor eletrizado, de qualquer formato, em equilíbrio eletrostático.

Podemos dizer que o potencial, em qualquer ponto da superfície, é constante.



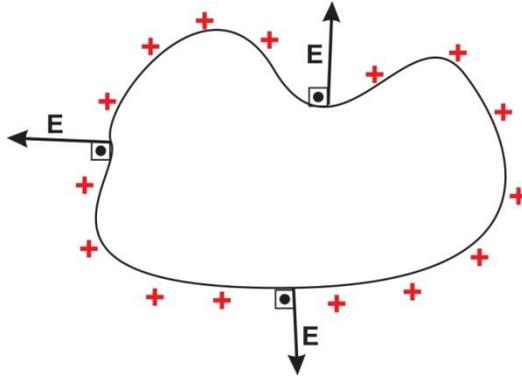
Chamamos a superfície desse condutor de Superfície equipotencial.

Assim:

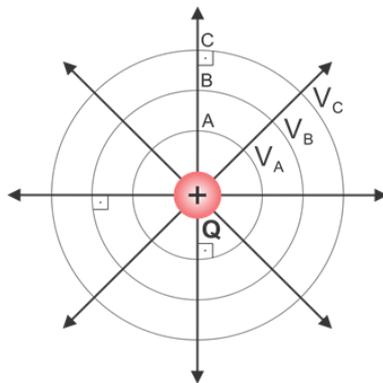
Superfície equipotencial é aquela na qual o potencial é constante em todos os seus pontos, e suas linhas de campo elétrico são sempre perpendiculares às superfícies equipotenciais.

Exemplo:

Condutor em equilíbrio eletrostático:



Carga puntiforme:



Potencial em uma esfera e o gerador de Van de Graff.

Para calcular o potencial em uma esfera eletrizada podemos considerar, assim como no caso do campo elétrico, que toda sua carga esteja concentrada em um ponto fixo em seu centro. Assim, podemos usar a mesma expressão para o cálculo do potencial criado por uma carga puntual.

Assim:

$$V_{interno} = V_{sup} = k_0 * \frac{Q}{d}$$

Se o ponto estiver situado na superfície exterior da esfera, basta tomarmos d como sendo igual ao raio da esfera.

Em um condutor esférico oco, as cargas em excesso se concentram na superfície externa do mesmo, de forma que seu interior permanece neutro. Como todos os pontos de um condutor eletrizado que esteja em equilíbrio eletrostático possuem o mesmo potencial elétrico, os potenciais dentro e na superfície da esfera serão iguais.

Agora vamos falar de um experimento, o Gerador de Van deGraff. O gerador de Van de Graff é um dispositivo que armazena cargas elétricas em seu domo, feito por uma esfera oca. Como toda sua carga está distribuída em sua superfície, esse dispositivo pode gerar potenciais muito elevados podendo atingir milhões de volts.

Avaliação:

Durante a apresentação do experimento irei fazer perguntas relacionadas ao conteúdo abordado, como avaliação oral. Também poderá ser avaliado com questão na prova bimestral aplicada pela professora.

Considerações finais:

Com esse plano esperamos que os alunos compreendam os conceitos de potencial elétrico. Esperamos também que com esses novos conhecimentos, suas concepções alternativas se modifiquem, e que agora possam compreender como uma pilha (bateria) funciona.

Referências bibliográficas:

3. Luz, Antonio Maximo Ribeiro da. Álvares, Beatriz Alvarenga - Física: Volume 3 – São Paulo: Scipione, 2000.
4. Física completa: volume único; ensino médio / Regina Azenha Bonjorno... / [et al] . -2. Ed. – São Paulo: FTD, 2001.

APÊNDICE D – Registro em Fotos da Construção do GVdG



Figuras 19 – GVdG montado

Fonte: O autor



Figuras 17 – Registro da Construção do GVdG

Fonte: O autor

Figuras 18 – Registro da construção do GVdG

Fonte: O autor



